

UDK 624.27.001.7

Primljeno 15. 10. 2003.

# Betonski mostovi s udvojenim osloncima kontinuiranih greda

Jure Radnić

## Ključne riječi

betonski gredni most,  
rasponski nosač,  
kontinuitet,  
udvojeni oslonci,  
vijadukt  
Severinske drage

## Key words

concrete girder bridge,  
continuous span girder,  
continuity,  
double supports,  
Severinske drage  
viaduct

## Mots clés

pont à poutres en béton,  
poutre à portée continue,  
continuité,  
supports doubles,  
viaduc de Severinske  
drage

## Ключевые слова

бетонный балочный  
мост,  
балка,  
непрерывность,  
двойные опоры,  
виадук Северинске драги

## Schlüsselworte

Betonbalkenbrücke,  
Brückenträger,  
Kontinuität,  
Doppelwiderlager,  
Talbrücke Severinske  
Drage

J. Radnić

Stručni rad

## Betonski mostovi s udvojenim osloncima kontinuiranih greda

Opisano je rješenje betonskih grednih mostova s udvojenim osloncima predgotovljenih kontinuiranih nosača. Nosači se u montaži izravno oslanjaju na deformabilne elastomerne ležajeve, a potom se betoniranjem ostvaruje kontinuitet nosača iznad stupova. Prikazano je da ovakvi mostovi zadržavaju dobra svojstva klasičnih kontinuiranih grednih mostova i mostova s kontinuitetnim pločama. Kao primjer takvog rješenja naveden je vijadukt Severinske drage na autocesti Rijeka - Zagreb.

J. Radnić

Professional paper

## Concrete bridges with double supports for continuous beams

The solution for concrete girder bridges involving the use of double supports for continuous beams is described. During assembly, the girders are directly supported by deformable elastomeric bearings, and then the continuity of girders above piers is obtained by concreting. The author demonstrates that such bridges still have good properties that are typical for classical continuous girder bridges and bridges with continuous slabs. The Severinske drage viaduct, situated on the Rijeka - Zagreb motorway, is cited as an example of such solution.

J. Radnić

Ouvrage professionnel

## Ponts en béton aux supports doubles pour les poutres continues

La solution pour la réalisation des ponts à poutres en béton, basée sur l'utilisation des supports doubles pour les poutres continues, est décrite. Pendant la mise en oeuvre, les poutres sont appuyées directement sur les appareils d'appui en élastomère de type déformable, et la continuité des poutres au-dessus des piles est ensuite réalisée par bétonnage. L'auteur montre que de tels ponts conservent de bonnes caractéristiques qui sont typiques pour les ponts traditionnels à poutres continues et pour les ponts aux tabliers continues. Le viaduc de Severinske drage, situé sur l'autoroute reliant Rijeka à Zagreb, est cité comme exemple de cette solution.

Ю. Раднич

Отраслевая работа

## Бетонные мосты с двойными опорами непрерывных балок

В работе описано решение бетонных балочных мостов с двойными опорами предварительно изготовленных непрерывных балок. Балки при монтаже прямо опираются на деформированные эластомерные опоры, а затем при бетонировании осуществляется непрерывность опор поверх колонн. Показано, что такие мосты сохраняют хорошие свойства классических непрерывных балочных мостов с непрерывными плитами. Как пример такого решения, приведён виадук Северинске драге на автострате Риека-Загреб.

J. Radnić

Fachbericht

## Betonbrücken mit Doppelwiderlagern der Durchlaufträger

Beschrieben ist eine Lösung für Betonbalkenbrücken mit Doppelwiderlagern der vorgefertigten Durchlaufträger. Die Träger liegen während der Montage direkt auf verformbaren Elastomerlagern, nachher wird durch Betonieren die Kontinuität der Träger über den Stützen zustande gebracht. Es wird dargestellt dass derartige Brücken gute Eigenschaften der klassischen kontinuierten Balkenbrücken und Brücken mit Durchlaufplatten beibehalten. Als Beispiel einer solchen Lösung ist die Talbrücke Severinske Drage an der Autobahn Rijeka - Zagreb angegeben.

Autor: Prof. dr. sc. **Jure Radnić**, dipl. ing. građ., Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, Matice hrvatske 15, Split

## 1 Uvod

Za rješenje montažnih betonskih grednih mostova i/ili vijadukata, danas se kod nas uobičajeno rabe dva tipa rasponskih nosača:

- (i) klasični kontinuirani gredni nosači i
- (ii) nosači sustava slobodno položene grede s kontinuitetnim pločama.

U odnosu na mostove s kontinuitetnim pločama, klasični kontinuirani gredni mostovi imaju sljedeće prednosti [1]:

- veću graničnu nosivost i sigurnost rasponskog sklopa (rezerve u statički neodređenom sustavu),
- veću trajnost (zbog osjetljivosti tankih kontinuitetnih ploča na raspucavanje),
- manje progibe (trenutne i dugotrajne),
- manju visinu nosača,
- veću krutost (sigurnost) rasponskog sklopa na savijanja u horizontalnoj ravnini,
- ravnomjerniji prijenos horizontalnih sila s rasponske konstrukcije na donji ustroj - veću globalnu sigurnost građevine,
- manji broj (većih) ležajeva
- manji broj (glomaznijih) poprečnih nosača,
- obično manji broj ukupnih dilatacijskih prekida (naprava) u građevini,
- povoljniji vizualni izgled građevine.

U odnosu na klasične kontinuirane gredne mostove, mostovi s kontinuitetnim pločama imaju sljedeće prednosti [1]:

- jednostavniju i bržu gradnju,
- manju osjetljivost rasponskog sklopa na eventualna diferencijalna slijeganja oslonaca i nejednolike temperaturne promjene,
- tanje i manje opterećene (armirane) poprečne nosače.

Dakle, osnovna je prednost grednih mostova s kontinuitetnim pločama u odnosu na klasične kontinuirane gredne mostove, u jednostavnosti i brzini gradnje. Naime, nosači s kontinuitetnim pločama se već u fazi montaže oslanjaju na trajne ležajeve (obično, klasične elastomernе ležajeve). Nakon toga preostaje još samo jednostavna izvedba tankih i slabije armiranih poprečnih nosača, te kolničke i kontinuitetne ploče. Kod klasičnih kontinuiranih grednih nosača njih je u montaži nužno osloniti na privremene oslonce radi izvedbe kontinuiteta. Nakon toga se izvode široki i jače armirani poprečni nosači u osi podupore i kolnička ploča (kontinuitet nosača). Na kraju se uklanjaju privremeni oslonci i nosači ostaju trajno oslonjeni na ležajeve u osi podupore (najčešće su

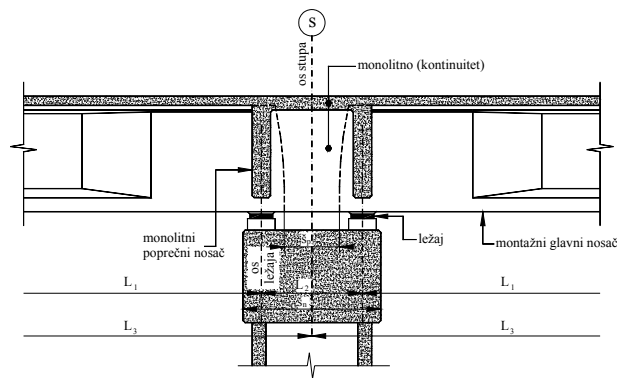
to klasični elastomerni ili lončasti ležajevi). Nužnost privremenih oslonaca značajno otežava i produljuje građenje klasičnih kontinuiranih grednih mostova.

Osim toga što projektanti u glavnim projektima još uvijek najčešće projektiraju kvalitetnije klasične kontinuirane gredne mostove, izvođači nakon ugovaranja radova uspijevaju za izvedbu nametnuti gredne mostove s kontinuitetnim pločama radi jednostavnosti (racionalnosti) gradnje.

Radi sprječavanja raspucavanja, kontinuitetne ploče imaju veliku uzdužnu armaturu koja nije računski iskorištena u glavnom prijenosu sila rasponskog sklopa.

## 2 Rješenje s udvojenim osloncima

Radi zadržavanja svih dobrih svojstava obaju prethodno navedenih tipova rasponskih sklopova, nameće se rješenje s kontinuiranim betonskim grednim nosačima koji imaju udvojene oslonce iznad stupova. Zapravo, nameće se zaključak da se izbetonira kontinuitet nosača pri rješenju (ii) u točki 1. (slika 1.).



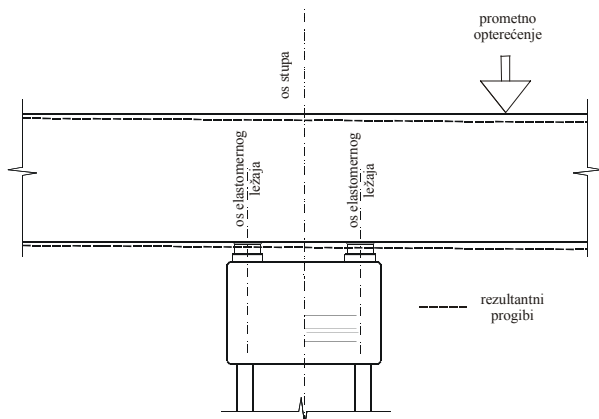
Slika 1. Detalj udvojenog oslonca montažnih glavnih nosača iznad stupa

Predloženo je rješenje praktički bezuvjetno tehnički ispravno samo za uporabu vertikalno deformabilnih ležajeva (elastomerni ležajevi). Naime, za slučajeve kad je jedno od susjednih polja opterećeno prometnim opterećenjem, ili za druga realna opterećenja, oba su susjedna ležaja tlačno deformirana i ne može doći do odizanja ležajeva (slika 2.).

Za slučajeve primjene vertikalno nedeformabilnih ležajeva, predloženo rješenje je tehnički ispravno samo u slučajevima kada ne može doći do odizanja ležajeva ni za najnepovoljnija opterećenja, odnosno u ovim je slučajevima predloženo rješenje dopušteno samo onda ako je pritisak na ležaj od stalnog tereta dostatno veći od najvećeg vlaka od ostalih djelovanja (prometno opterećenje, temperaturni utjecaji i sl.).

Kako je nužno osigurati dostatno sidrenje (preklop) arma-

ture u donjem pojasu montažnih nosača iznad stupova, treba voditi računa o potrebnoj veličini ( $\delta_p$ ) na slici 1.



Slika 2. Deformiranje rasponskog sklopa i elastomernih ležajeva

Ovo će rezultirati potrebom za dostatnim razmakom oslonaca iznad stupova ( $L_2$ ), odnosno za dostatnom širinom naglavnice ( $\delta_n$ ). Potrebna širina naglavnice neznatno je veća nego kod klasičnih kontinuiranih grednih mostova (tu je povećana širina potrebna zbog potrebe privremenog podupiranja i kontinuiranja rasponskih nosača) i grednih mostova s kontinuitetnim pločama (povećana je širina ovdje potrebna zbog dostatne duljine kontinuitetne ploče).

Potrebno je napomenuti da su momenti savijanja u kontinuiranim nosačima s udvojenim osloncima iznad stupova manji od onih u klasičnom kontinuiranom nosaču, i to približno za faktor (slika 1.):

$$1 - \left( \frac{L_1}{L_3} \right)^2 \quad \text{za kontinuirana opterećenja}$$

$$1 - \frac{L_1}{L_2} \quad \text{za koncentrirana opterećenja}$$

Dakle, svako povećanje razmaka ležajeva iznad stupa rezultira smanjenjem momenata savijanja u rasponskim nosačima.

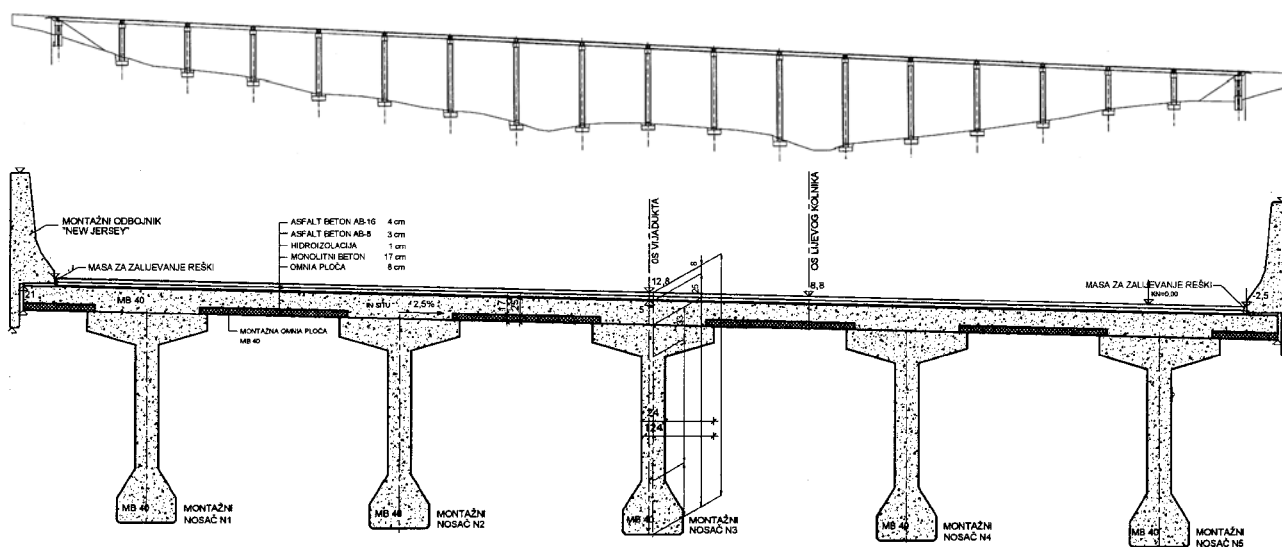
Zapravo, takvi mostovi imaju raspon  $n \times L_1 + (n-1) \times L_2$ , gdje je  $n$  broj otvora mosta.

Zbog nepovoljnog utjecaja skupljanja betona i temperaturnih promjena, dugi mostovi s kontinuiranim kolnikom zahtijevaju neracionalno visoke visine rubnih elastomernih ležajeva. Zato je potrebno ograničiti duljinu pojedinih dilatacijskih cjelina rasponskog sklopa i kod primjene kontinuiranih grednih mostova s udvojenim elastomernim ležajevima iznad stupova na oko 200-250 m. S druge pak strane, veća visina elastomernih ležajeva značajno smanjuje potresne sile i povećava seizmičku otpornost mosta [2].

### 3 Primjena opisanog rješenja

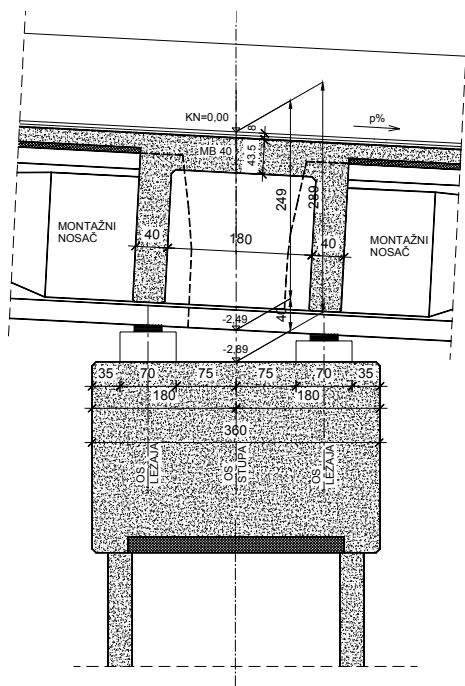
Rješenje rasponskog sklopa s udvojenim osloncima kontinuiranih betonskih grednih nosača iznad stupova primijenjeno je na vijaduktu "Severinske drage", na autocesti Rijeka – Karlovac, dionica Vrbovsko – Bosiljevo. Detaljniji opis rješenja vijadukta može se naći u [3], a u nastavku će se samo ukratko opisati rješenje glavnoga rasponskog sklopa.

Rasponska konstrukcija ima 18 raspona, s osnim razmakom podupora  $38,8 + 16 \times 39,9 + 38,8 = 716,0$  m. Podijeljena je u tri dilatacijske cjeline duljina  $238,3 + 239,4 + 238,4 = 716$  m. Iznad stupova rasponski su nosači oslonjeni na dva reda ležajeva, na uzdužnom razmaku od 2,2 m. Stvarni rasponi rasponske konstrukcije (osni raz-



Slika 3. Uzdužna (gore) i poprečna dispozicija (dolje) vijadukta "Severinske drage"

maci ležajeva)  $18 \times 37,7 + 17 \times 2,2 = 716$  m. Uzdužna i poprečna dispozicija vijadukta prikazana je na slici 3.



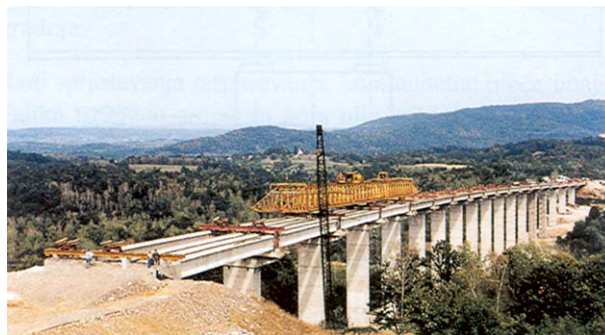
Slika 4. Detalj oslanjanja rasponskih nosača vijadukta "Severinske drage" iznad stupova

Rasponski su nosači izvedeni kao predgotovljeni betonski elementi relativno uskoga gornjeg pojasa. Montirani su lansimom rešetkom i direktno oslonjeni na elastomerne ležajeve. Kontinuitet nosača iznad stupova ostvaren je preko klasične armature u kolničkoj ploči. Tlačna naprežanja na mjestu kontinuiteta preuzima donji pojas nosača. Smanjenje raspona za 2,2 m, u odnosu na klasični kontinuirani nosač, omogućava smanjenje momenata savijanja u nosačima od stalnog opterećenja oko 11%.

Pri tome je naglavnica stupova, koji su visine do 55 m,

široka svega 3,6 m. Detalj oslanjanja nosača prikazan je na slici 4. Poprečni nosači su širine 40 cm i locirani su u osi ležaja. Visina rubnih elastomernih ležajeva je 114 mm.

Izvođač radova bila je "Hidroelektra-niskogradnja" d.d., Zagreb. Izgradnja vijadukta je završena (slika 5.). Svi radovi izvedeni su prema projektu [4] [5] i bez teškoća.



Slika 5. Izgradnja vijadukta "Severinske drage"

#### 4 Zaključak

Betonski gredni mostovi s udvojenim osloncima predgotovljenih kontinuiranih rasponskih nosača iznad stupova zadržavaju sva dobra svojstva klasičnih kontinuiranih grednih mostova i grednih mostova s kontinuitetnim pločama. Zato se očekuje da će ovakvo rješenje naći odgovarajuću primjenu u praksi, a pogotovo pri tekućoj izgradnji vijadukata na autocestama. Izgradnja vijadukta "Severinske drage" prvi je uspješni primjer izvedbe ovakvih rješenja rasponskog sklopa u nas. Kod takvih se rješenja trebaju primijeniti vertikalno deformabilni elastomerni ležajevi. U slučaju primjene vertikalno nedeformabilnih ležajeva, rješenje je tehnički ispravno samo za slučajeve kada ne može doći do odizanja ležajeva iznad stupova.

#### LITERATURA

- [1] Radnić, J.; Smoljanović, M.: *Neki aspekti projektiranja građevina na (auto)cestama*, Zbornik radova znanstveno-stručnog savjetovanja "Objekti na autocestama", str. 53.-60., Plitvička jezera, 2002.
- [2] Radnić, J.; Harapin, A.: *Seizmički proračun mostova*, Zbornik radova znanstveno-stručnog savjetovanja "Objekti na autocestama", str. 201.-212., Plitvička jezera, 2002.
- [3] Radnić, J.; i ostali: *Vijadukt Severinske drage na autocesti Rijeka-Karlovac, dionica Vrbovsko - Bosiljevo*, Zbornik radova znanstveno-stručnog savjetovanja "Objekti na autocestama", str. 127.-132., Plitvička jezera, 2002.
- [4] Glavni projekt vijadukta "Severinske drage" na autocesti Rijeka - Karlovac, dionica Vrbovsko - Bosiljevo, IKON d.o.o. Split (T.D. 1/99, projektant prof. dr. sc. Jure Radnić), Split, 1999.
- [5] Izvedbeni projekt vijadukta "Severinske drage" na autocesti Rijeka - Karlovac, dionica Vrbovsko - Bosiljevo, IKON d.o.o. Split (T.D. 1/99-A, projektant prof. dr. sc. Jure Radnić), Split, 2000.